

DEPOSITION OF INSULATING FILM FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent Number: JP6232113
Publication date: 1994-08-19
Inventor(s): KAMIYAMA MICHIIYA
Applicant(s): FUJI ELECTRIC CO LTD
Requested Patent: JP6232113
Application Number: JP19930015028 19930202
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/31; H01L21/316; H01L21/318; H05H1/46
EC Classification:
Equivalents:

Citation 3

Abstract

PURPOSE: To improve the corrosion resistance and step coverage of an insulating film by a method wherein a silicon oxide film is deposited, then, a film, which is continuously made to make a transition from the silicon oxide film to a silicon nitride film, is deposited and a silicon nitride film is deposited thereon.

CONSTITUTION: In the case of a silicon nitride film, nitrogen gas N₂, which is one part of reaction gas, or in the case of a silicon oxide film, oxygen gas O₂, which is one part of the reaction gas, is introduced into a plasma producing chamber 11 via a gas introducing tube 14, coils 30 for cyclotron resonance are arranged on the periphery of the chamber 11 and a D.C. magnetic field of a prescribed intensity is generated. After the silicon oxide film is deposited, the flow rate of the oxygen gas is decreased without changing the flow rate of silicon gas and the nitrogen gas is added and the flow rate of the nitrogen gas is increased. For example, the oxygen gas is continuously changed from 32cc/min to 0cc/min. In respect to the nitrogen gas it is continuously changed from 0cc/min to 300cc/min. Thereby, a high-practicability protective film can be obtained to an integrated circuit device.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-232113

(43) 公開日 平成6年(1994)8月19日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/31	C			
21/316	M	7352-4M		
21/318	C	7352-4M		
	M	7352-4M		
H 0 5 H 1/46		9014-2G		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

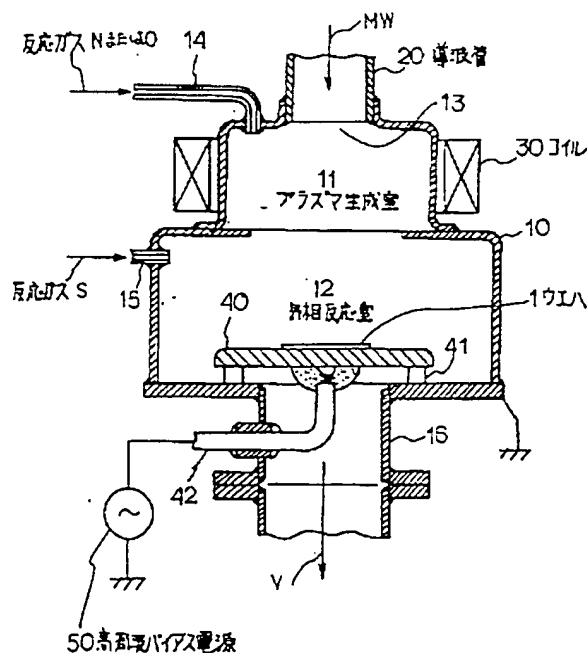
(21) 出願番号	特願平5-15028	(71) 出願人	000005234 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(22) 出願日	平成5年(1993)2月2日	(72) 発明者	神山 道也 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 半導体装置用絶縁膜の堆積方法

(57) 【要約】

【目的】 プラズマCVD法により、集積回路用絶縁保護膜としてストレス面で集積回路に悪影響のない程度の内部応力となり、外部からの腐蝕性薬品に対する耐蝕性及耐透水性の高い膜の堆積方法を提供する。

【構成】 ECRプラズマCVD用装置を用い、集積回路をまず低応力性で段差被覆性の良い酸化シリコン膜で覆い、次いで酸化シリコン膜から耐薬品性及耐透水性の高い窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜を堆積し、その上に窒化シリコン膜を堆積させる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体装置が作りこまれたウエハ面にプラズマCVD法により絶縁膜を堆積する方法であって、絶縁膜の形成に与かる雰囲気ガス中の一部を電子サイクロトロン共鳴法によりプラズマ化して残りのガスと反応させることにより絶縁膜を堆積させようとする装置にあって、まず酸化シリコン膜を堆積し、次いで酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜を堆積し、その上に窒化シリコン膜を堆積させることを特徴とする半導体装置用絶縁膜の堆積方法。

【請求項2】請求項第1項に記載の方法において、酸化シリコン膜、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜、窒化シリコン膜と順に堆積させるに当り、すべて同一ウエハ温度で堆積させることを特徴とする半導体装置用絶縁膜の堆積方法。

【請求項3】請求項第1項に記載の方法において、酸化シリコン膜および窒化シリコン膜をそれぞれ以下に記載の堆積条件で堆積させるとともに、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移する膜の堆積は、各堆積条件を酸化シリコン膜の堆積条件から窒化シリコン膜の堆積条件へ連続的に遷移させて行うことを特徴とする半導体装置用絶縁膜の堆積方法。

酸化シリコン膜の堆積条件：

酸素ガス流量：30～40cc/min

シランガス流量：28～36cc/min

シラン/酸素流量比：0.8～1.0

装置内ガス圧力：1～10mTorr

マイクロ波電力：400～1000W

高周波電力：1.5～3.5W/cm²

(ウエハ表面単位面積当り)

ウエハ温度：150～250℃

窒化シリコン膜の堆積条件：

窒素ガス流量：250～350cc/min

シランガス流量：28～36cc/min

装置内ガス圧力：40～100mTorr

マイクロ波電力：1200～1800W

高周波電力：0.3～1.0W/cm²

(ウエハ表面単位面積当り)

ウエハ温度：150～250℃

【請求項4】請求項第1項に記載の方法において、プラズマ化されるガスと、プラズマ化されたガスと反応するガスとが同一容器内へ導入されるとともに絶縁膜を堆積させるウエハを該容器内に位置させて酸化シリコン膜、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜、窒化シリコン膜からなる絶縁膜を堆積させることを特徴とする半導体装置用絶縁膜の堆積方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、集積回路等の半導体装置が作りこまれたウエハ面にプラズマCVD法によ

2

り絶縁膜、特に絶縁保護膜を堆積させる際の堆積方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在集積回路等に用いられている絶縁膜は、殆どプラズマ放電を利用したプラズマCVD法により形成されている。しかしこのプラズマCVD法では、良好な膜質を得るため、あるいは、配線等により発生した段差部の被覆性を確保するために、基板の温度を400℃程度まで加熱する必要がある。従って昇降温の際に残留する熱ストレスにより、基板上に形成された配線や素子に損傷が発生することがあり問題となっている。

【0003】そこで最近、基板温度が低くても良好な膜質の絶縁膜が得られる電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマ法が利用され始めている。これは電子サイクロトロン共鳴現象により、マイクロ波のエネルギーが電子に高効率で吸収されることを利用してプラズマを発生させるものであり、通常のプラズマCVD法に比べプラズマ密度が約2桁高くなることから、基板温度が200℃以下と低い温度でも比較的良好な膜質の絶縁膜が堆積でき、ウエハへの熱ストレスを減少させ、その損傷を防止することが可能となる。

【0004】かかるECRプラズマCVD法では、プラズマ生成室内で高密度なプラズマを発生させ、次にこのプラズマを気相反応室に引き出して、これにより反応ガスを気相反応させながらこの室内に置かれたウエハ上に絶縁膜を堆積する。プラズマ生成室は例えば周波数が2.45GHzのマイクロ波に対する空洞共振器であって、このプラズマ生成室内へ反応ガスの一部を導入してマイクロ波によって電離させ、さらに特定の強度例えば875ガウスの直流磁界をかけて電離ガス中の電子サイクロトロン共鳴させることにより高密度プラズマを生成する。気相反応室ではプラズマ生成室から引き出されたプラズマ雰囲気内で反応ガスを気相反応させ、この反応生成物を例えば200℃ウエハ面に絶縁膜として堆積させる。

【0005】保護膜として使用される窒化シリコン膜を堆積するには、プラズマ生成室には窒素を、気相反応室にはシランを導入する。また層間絶縁膜として使用される酸化シリコン膜はプラズマ生成室に酸素を、気相反応室にはシランを導入することで堆積可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このようにECRプラズマCVD法は低温下で絶縁膜を堆積できる特長を備えるが、サイクロトロン共鳴により発生するプラズマ密度がプラズマ生成室内の空洞共振のモードや、磁界分布で決まる特有の空間的分布を持ち、その中心部から外側部に行くに従って減少する傾向がある。それ故このまま膜を堆積すると、中央部が厚く周辺部が薄い膜厚分布となってしまう。窒化シリコン膜の場合、これを修正しかつ屈折率分布も同時に改善する方法として、本発明者はさ

きに、ウエハに供給する高周波電力を、総ガス流量の単位容積 (cm^3)、ウエハ表面の単位面積 (cm^2) 当り ($2.5 \sim 8$) $\times 10^{-1} \text{ W}$ とした状態で気相成長室に導入するシランをプラズマ生成室と気相反応室との境界近傍とウエハ近傍とで流量比が3以上となる流量分布で導入することを提案した (特願平2-406170号)。同時に膜内応力を $10 \times 10^9 \text{ dyne/cm}^2$ に抑えつつ膜の段差被覆性付与に必要なウエハ表面のバイアス電位 $100 \sim 200 \text{ V}$ を発生させることのできる成膜条件としてガス流量比 (酸素/シラン)、総ガス流量の単位容積当りの高周波電力およびガス圧力範囲を与えた。しかし、窒化シリコン膜の場合は、良好な膜質、段差被覆性を維持しようとする膜の内部応力をこれ以上小さくすることができず、前述の熱ストレスと同じ結果となってしまう。そこで、本発明者は、上記提案よりもやや遅れて膜の内部応力をさらに小さくしながら良好な膜質、段差被覆性を付与できる方法として、高周波電力を小さくした状態での、内部応力が $5 \times 10^9 \text{ dyne/cm}^2$ 以下の窒化シリコン膜と、高周波電力を大きくした状態での、内部応力が $10 \times 10^9 \text{ dyne/cm}^2$ 以上の窒化シリコン膜とを交互に成膜した多層膜の形成を提案した (特願平3-220811号)。しかし、このように、内部応力の異なる膜は、各層の膜厚が厚いと剥離を起こしやすくなるので、各層をできるだけ薄く形成する必要がある、このために所望の膜厚を得るまでに時間がかかるという問題点が生じる。

【0007】このように、保護膜として薬品に強く、耐水性も強いECRプラズマCVDによる窒化シリコン膜はこれを使用しなくとも内部応力の大きさあるいは成膜速度の面で半導体製造プロセスでの使用にいたっていない。一方ECRプラズマCVD法による酸化シリコン膜は、従来のプラズマCVD法による酸化シリコン膜に比べて図2に示したように耐水性が非常に優れており、窒化シリコン膜と比べてもほとんど遜色がなく、段差部の被覆性についても膜質を損なうことなく被覆形状も制御可能である。その上膜の内部応力も集積回路に悪影響を与える程には大きくない。しかし耐薬品性、特にフッ酸に対しては非常に早くエッチングされてしまい、保護膜としては不適格である。なお、図2は、ウエハ上に珪ガラス (PSG) 膜を堆積させたものに、従来法によるプラズマ酸化膜 (P-SiO_2)、プラズマTEOS (テトラ・エトキシ・オルソ・サイレンーシラン系の原料ガス) 酸化膜 (P-TEOS)、ECR酸化膜 (ECR-SiO_2)、従来法によるプラズマ窒化膜 (P-SiN) を堆積し、ブレッシャクック試験を行い、赤外線吸収スペクトルで 1300 cm^{-1} に現れる P=O (P と O との2重結合) のピークの残存量を表した線図である。残存量が少ないほど水分が絶縁膜に滲透したことを示す。

【0008】本発明の目的は、フッ酸等の腐蝕性の薬品に対しては耐蝕性を示し、ストレス面では集積回路に悪

影響を与えない程度の内部応力となり、かつ段差被覆性に優れ、しかも成膜時間が特に長くなることのない集積回路用保護膜の堆積方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明においては、上記集積回路用絶縁保護膜の堆積方法として、絶縁膜の形成に与かる雰囲気ガス中の一部を電子サイクロトロン共鳴法によりプラズマ化して残りのガスと反応させることにより絶縁膜を堆積させようとする装置にあって、まず酸化シリコン膜を堆積し、次いで酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜を堆積し、その上に窒化シリコン膜を堆積させる方法をとるものとする。

【0010】この場合、酸化シリコン膜、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移させた膜、窒化シリコン膜と順に堆積させるに当り、すべて同一ウエハ温度で堆積させるとよい。また、上記酸化シリコン膜、遷移膜、窒化シリコン膜はそれぞれ以下の堆積条件で堆積させると好適である。

【0011】酸化シリコン膜の堆積条件：

酸素ガス流量 : $30 \sim 40 \text{ cc/min}$
 シランガス流量 : $28 \sim 36 \text{ cc/min}$
 シラン/酸素流量比 : $0.8 \sim 1.0$
 装置内ガス圧力 : $1 \sim 10 \text{ mTorr}$
 マイクロ波電力 : $400 \sim 1000 \text{ W}$
 高周波電力 : $1.5 \sim 3.5 \text{ W/cm}^2$

(ウエハ表面単位面積当り)

ウエハ温度 : $150 \sim 250^\circ \text{C}$

窒化シリコン膜の堆積条件：

酸素ガス流量 : $250 \sim 350 \text{ cc/min}$
 シランガス流量 : $28 \sim 36 \text{ cc/min}$
 装置内ガス圧力 : $40 \sim 100 \text{ mTorr}$
 マイクロ波電力 : $1200 \sim 1800 \text{ W}$
 高周波電力 : $0.3 \sim 1.0 \text{ W/cm}^2$

(ウエハ表面単位面積当り)

ウエハ温度 : $150 \sim 250^\circ \text{C}$

遷移膜 : 酸化シリコン膜の堆積条件から窒化シリコン膜の堆積条件へ連続的に遷移させて堆積させる。

【0012】なお、上記酸化シリコン膜、遷移膜、窒化シリコン膜からなる絶縁膜の堆積は、プラズマ化されるガスと、プラズマ化されたガスと反応するガスとを同一容器内へ導入するとともにウエハを容器内に位置させて行うようにすれば極めて好適である。

【0013】

【作用】本発明の方法は、ECRプラズマCVD法による酸化シリコン膜の膜質と段差被覆性とに着目し、成膜初期の膜に低応力性で段差被覆性の良い酸化シリコン膜を使用し、中間層には酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移する膜を、表面近傍の膜は耐薬品性

5

の強い窒化シリコン膜をプラズマを停止せず、ガス組成を換えるだけで堆積させるものである（もちろん装置内のガス圧力やマイクロ波電力等は連続的に遷移させる）。これにより、外部からの腐蝕性の薬品に対しては耐蝕性を示し、ストレス面では集積回路に悪影響を与えない程度の内部応力を有する保護膜とすることができ

【0014】なお、上述のそれぞれの膜厚は、酸化シリコン膜が約5000Å、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移する膜を約3000Å、そして窒化シリコン膜を約2000Åとし、全体として約1μmの膜厚とするのが実用上望ましい。ウエハに掛ける高周波バイアス電力としては、ウエハ表面の単位面積当たりにして酸化シリコン膜の場合1.5~3.5W/cm²の範囲が適当であり、2.0~3.0W/cm²の範囲とすることがさらに望ましい。窒化シリコン膜の場合は0.3~1.0W/cm²の範囲が適当であり、0.5~0.7W/cm²の範囲とすることがさらに望ましい。酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移する膜の場合は高周波バイアス電力、マイクロ波電力ともに酸化シリコン膜の供給電力範囲から、窒化シリコン膜での供給電力範囲まで連続的に変化させることが望ましい。

【0015】ウエハの温度は250℃以下であってよく、酸化シリコン膜でも窒化シリコン膜でも同じ温度で成膜して良い。なお、前記酸化シリコン膜、遷移膜、窒化シリコン膜からなる複合膜を堆積させるに際し、プラズマ化されるガスと、プラズマ化されたガスと反応するガスとをともに同一容器、具体的にはプラズマ生成室内に導入し、ウエハもプラズマ生成室内に位置させて堆積させるようにすれば、プラズマ生成室内はプラズマ密度が高く、通常のECRプラズマCVD装置における気相反応室での堆積速度と比べて堆積が高速に行われ、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜等の単体膜の通常の堆積時間と同等以下の時間で堆積が可能になる。

【0016】

【実施例】以下、図を参照しながら本発明の実施例を具体的に説明する。図1は本発明による絶縁膜の堆積方法に適するECRプラズマCVD用装置の要部を示すものである。図示の装置の本体は符号10で示した真空容器であって、内部が図では上側のプラズマ生成室11と下側の気相反応室12とに大まかに分けられている。プラズマ生成室11にはその上部開口13に接続された導波管20を介してマイクロ波MWが上側から注入されて室内で空洞共振する。またこのプラズマ生成室11には、ガス導入管14を介して窒化シリコン膜の場合は反応ガスの一部である窒素ガスNが、酸化シリコン膜の場

6

合は酸素ガスOが導入され、かつその回りにサイクロトロン共鳴用のコイル30が配置されて図の上下方向に所定の強度の直流磁界を発生する。室内の反応ガスはマイクロ波MWにより電離され、かつ磁界作用下の電子のサイクロトロン共鳴によって反応ガスの高密度プラズマが生成される。この生成プラズマは発散性の直流磁界中の勾配によりプラズマ生成室11から気相反応室12の方に引き出される。気相反応室12にはガス導入管15を介して反応ガスの残りであるシランSが導入され、その下部は排気管16を介して図では真空Vで略示された真空ポンプ系と接続されている。この気相反応室12に導入されたシランSは上部からの反応ガスのプラズマと混合して気相反応をおこし、その反応生成物として窒化シリコン分子や酸化シリコン分子が室内の中央付近の領域に発生する。室内の下部には、上述の反応生成物を窒化シリコン膜あるいは酸化シリコン膜として堆積すべきウエハ1がウエハ台40に設置される。このウエハ台40はガラス等の高周波用の絶縁物41により真空容器10の底板に支持され、高周波バイアス電源50とリード42を介して接続される。なお、この電源50の周波数は例えば13.56MHzとされる。またウエハ台40にはウエハ1を所定の温度に保つため、図示されていないが適宜な加熱や冷却手段を組み込むのがよい。また気相反応室12内の圧力を任意に制御したい場合は、気相反応室12と真空ポンプ系との接続管路の中間部に反応に影響を与えないガス例えばヘリウム等を導入し、真空容器10に対する真空ポンプの排気能力を落とす方法で制御するのが好ましい。

【0017】本発明の方法では、以上の装置内で所定の絶縁膜を堆積するには、ウエハ台40上にウエハ1を配置し温度を300℃以下、普通は150~250℃に自動調節し、かつ真空容器10内を充分排気したうえで第1反応ガスである酸素Oをプラズマ生成室11に、シランガスSを気相反応室12にそれぞれ所定流量で流す。かかる雰囲気ガスでの容器内圧力は1~10mTorrの範囲内、望ましくは2~5mTorrとされる。

【0018】ついで、コイル30の励磁状態でマイクロ波MWを導波管20からプラズマ生成室11に照射し、同時に高周波バイアス電源50から1.5~3.5W/cm²、好ましくは2.0~3.0W/cm²の高周波電力をウエハ1に印加する。又マイクロ波電力は400~1000W、好ましくは500~800Wを照射する。酸化シリコン膜堆積時の主な条件を示すと以下のとおりである。

【0019】

7		8	
酸素ガス量	: 30~40cc/min	32cc/min	中心条件
シランガス流量	: 28~36cc/min	36cc/min	
シラン/酸素流量比	: 0.8 ~1.0	0.89	
雰囲気ガス圧力	: 1~10mTorr	3mTorr	
マイクロ波電力	: 400 ~1000W	600 W	
高周波電力	: 400 ~900 W	600 W	
ウエハ温度	: 150 ~250 °C	200 °C	

中心条件で酸化シリコン膜を堆積すると膜の堆積速度は約1200 Å/min となり、内部応力は圧縮応力で 2×10^9 dyne/cm² 以下の膜が得られる。従って約500 Åの膜厚を得るには4~5分間酸化シリコン膜を堆積すれば良い。酸化シリコン膜から窒化シリコン膜への連続的に遷移する膜の堆積方法は以下の通りである。

【0020】酸化シリコン膜堆積後、シランガス流量はかえずに酸素ガス流量を減らし、窒素ガスを添加し増加させる。膜の堆積速度は殆どシラン流量に律則しており、約1200 Å/min であるので中間層の堆積時間は2~3分である。この間に中心条件での成膜ならば、酸*

* 素ガス32cc/min から0cc/min まで連続的に変化させる。窒素ガスについては0cc/min から300cc/min まで連続的に変化させる。またマイクロ波電力については600Wから1500Wまで、高周波電力については、600Wから250Wまで連続的に変化させる。さらに雰囲気ガス圧力も3mTorrから60mTorrまで変化させる。このように条件を変化させることで、酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へ連続的に遷移させる。窒化シリコン膜の堆積条件は以下の通りである。

【0021】

窒素ガス量	: 250 ~350 cc/min	300 cc/min	中心条件
シランガス流量	: 28~36cc/min	32cc/min	
雰囲気ガス圧力	: 40~100 mTorr	60mTorr	
マイクロ波電力	: 1200~1800W	1500W	
高周波電力	: 150 ~500 W	250 W	
ウエハ温度	: 150 ~250 °C	200 °C	

この時の膜の特性は堆積速度約1100 Å/min、膜の内部応力は圧縮応力で約 8×10^9 dyne/cm² である。またフッ酸(50%)溶液に対するエッチング速度も2000 Å/min 以下である。

【0022】応力としては大きい、膜厚が薄いため絶縁膜全体に与える影響は小さく、膜厚全体で約 4×10^9 dyne/cm² 以下に制御することができる。また異質な膜が不連続で接触しているのではなく、連続的に質を変化させているため、膜の剥離等の心配をする必要がない。

【0023】

【発明の効果】以上のように本発明による集積回路用絶縁膜の堆積方法では、ECR法による絶縁膜が従来のプラズマ法に比べて膜質に優れていることを利用し、ウエハ側には内部応力が小さく段差被覆性も優れた酸化シリコン膜を堆積し、表面層には耐薬品性および耐水性の高い窒化シリコン膜を堆積し、その間には酸化シリコン膜から窒化シリコン膜へと連続的に遷移する膜を堆積することで、異質な膜同志の離反性をなくするとともに、酸化シリコン膜および遷移膜を内部応力の大きい窒化シリコン膜の緩衝膜として働かせるようにしたので、絶縁膜全体として被被覆物に作用する内部応力の大きくなることを防止することができ、集積回路装置に対して実用性の高い保護膜を提供することができる。

【0024】さらに、本発明の方法では、酸化シリコン膜、遷移膜、窒化シリコン膜をすべて同一ウエハ温度で

堆積させることができるので、安定するまでに時間のかかるウエハ温度の調整時間がなく、複合膜であるにも拘らず、堆積時間が特に長くないで済むメリットがある。また、本発明の方法では、ガス流量以外には各堆積条件にそれぞれかなり広い幅が許容されるので、条件設定の面で困難を伴うことなく、目的とする膜質の保護膜を容易に堆積させることができる。

【0025】そして、プラズマ化されるガスと、プラズマ化されたガスと反応する残りのガスとを同一容器内に導入することにウエハも同一容器内に位置させると、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜ではすべて高速成膜が可能となることが知られており、当然遷移膜も高速成膜が可能となり、複合膜であるにも拘らず全体として堆積時間が短くなり、装置のスループットが向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の目的とする膜質の半導体装置用絶縁膜の堆積に適するECRプラズマCVD用装置の要部を示す構成図

【図2】従来のプラズマCVD法によるシリコン酸化膜、TEOS酸化膜、ECRプラズマCVD法によるシリコン酸化膜、従来のプラズマCVD法によるシリコン窒化膜の各耐透水性の比較を示す線図

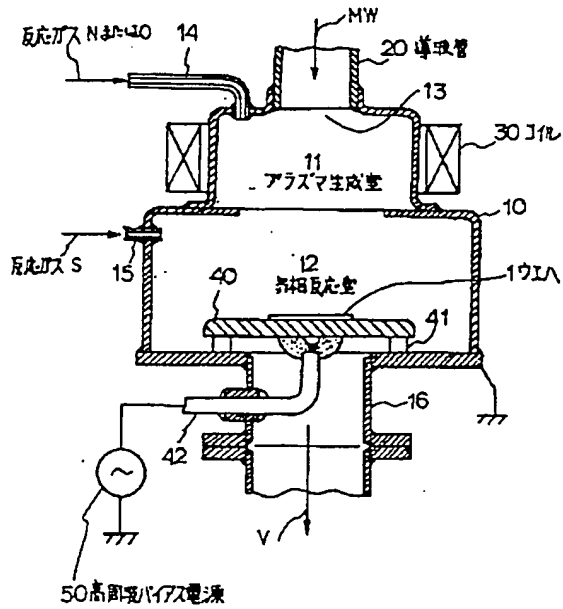
【符号の説明】

- 1 ウエハ
- 11 プラズマ生成室
- 12 気相反応室

- 14 ガス導入管
15 ガス導入管
20 導波管

- 30 コイル (電子サイクロトロン共振用コイル)
40 ウエハ台
50 高周波バイアス電源

【図1】



【図2】

